Die Baumtemperatur in ihrer Abhängigkeit von äusseren Einflüssen.

Von **Josef Böhm** und **Jakob Breitenlohner.**

Die thermischen Verhältnisse des Baumes waren schon wiederholt Gegenstand mehr oder weniger eingehender Studien. Umfassende Beobachtungen stellte darüber in den Jahren 1852 und 1853 Professor Krutzsch an der Forstakademie in Tharand an [1]. Becquerel theilte in mehreren Abhandlungen [2] diesbezügliche Untersuchungen mit, welche hauptsächlich das klimatische Moment des Waldes im Auge behalten. Wir besitzen hierüber auch einen deutschen Auszug. [3] In das Beobachtungssystem der forstlich-meteorologischen Stationen in Baiern und der Schweiz wurde auch die Temperatur des Bauminnern aufgenommen. Indess liegt nur aus Baiern eine übersichtliche Zusammenstellung der erstjährigen Daten vor. [4]

Aus diesen und anderen Beobachtungen hat sich ergeben, dass die Temperatur des Baumes in seinen verschiedenen Theilen von Aussen her verschieden beeinflusst wird, mit anderen Worten, dass die verschiedenen Partien des Baumkörpers von der Wurzel bis in die Zweige den periodischen und nichtperiodischen Temperaturänderungen in verschiedener Weise unterliegen. Nach der Deutung der Beobachtungsresultate beherrschen die beiden

---

[1] Untersuchungen über die Temperatur der Bäume im Vergleiche zur Luft- und Bodentemperatur. Jahrbuch der Akademie zu Tharand. Neue Folge, 3. Band, 1854.

[2] Mémoires de l'Académie des Sciences, années 1861—1864.

[3] Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, 4. Band. Über den Wald und den Einfluss desselben auf das Klima. Aus dem Atlas météorologique de l'Observatoire de Paris, übersetzt von Jelinek.

[4] Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden, von Professor Ernst Ebermayer, 1. Band, Aschaffenburg 1873.

Medien, Luft und Boden, fast ausschliesslich die Temperatur der ober- und unterirdischen Baumtheile, dergestalt, dass der Einfluss der von der Bodenwärme bedingten Temperatur des Wurzelsystems sich nur insoweit auf den von Luft umgebenen Holzkörper des Stammansatzes erstrecken kann, als eben die Temperatur der Luft nicht ihre volle Wirkung ausübt. Die von Luft frei umspülten Baumtheile verhalten sich zur Wärme wie eine todte Masse.

Ein bestimmtes Motiv für die Temperatur der Wurzel liegt im Boden. Ursprung und Beschaffenheit von Ober- und Untergrund, die mechanischen und physikalischen Eigenschaften, die Feuchtigkeitszustände, das Fehlen oder die Gegenwart von Grundwasser, die oberflächliche Bedeckung des Bodens, der Grad der Insolation oder Beschattung — alle diese Momente modificiren Art und Mass der Erwärmung des Wurzelmediums und somit der Wurzelmasse. Mit der Variabilität der Bodentemperatur, welche jedoch bei den meisten Bodenarten schon in einer Tiefe von ein Meter selbst zur Zeit der kräftigsten Insolation nur geringen täglichen Schwankungen unterliegt, muss sich auch die Wurzeltemperatur in Correspondenz setzen. Die tieferen Wurzelpartien werden die jährlich nur wenig oscillirende Bodenwärme zeigen, während die seichteren Wurzellagen den viel grösseren jährlichen und täglichen Temperaturschwankungen der mehr oberflächlichen Bodenschichten folgen. Eine tiefgehende Pfahlwurzel wird sonach nothwendigerweise im Sommerhalbjahr auf eine Erniedrigung, im Winterhalbjahr dagegen auf eine Erhöhung der Temperatur der oberen Wurzelpartien hinwirken. Beim Wärmeausgleich zwischen Boden und Wurzel durch Leitung und Mittheilung spielt die Feuchtigkeit, beziehungsweise der Saft, offenbar die Hauptrolle. Daran knüpft sich ganz naturgemäss die Folgerung, dass der Einfluss der Bodenwärme sich nicht lediglich auf die Wurzelmasse beschränke, sondern im Wege des aufsteigenden Saftstromes auch bis zu einer gewissen Höhe im Stamme bemerkbar mache. Für diese Voraussetzung suchte auch Hartig in Braunschweig [1] damit den experimentellen Nach-

[1] Dr. Theodor Hartig, über die Temperatur der Baumluft im Vergleich zur Bodenwärme und zur Wärme der den Baum umgebenden Luftschichten. Heyer's Zeitschrift, 1874, Sauerländer's Verlag.

weis zu führen, dass er an einer lebenden und einer daneben eingegrabenen todten Eiche von gleicher Stärke und einem Alter von etwa 200 Jahren 1 Meter über dem Boden Baumthermometer in drei verschiedene Tiefen einsenkte und die Temperaturverhältnisse in beiden Schäften sowohl während der Winterruhe, als auch der Vegetationsperiode sorgfältig beobachtete.

Die oberirdischen Theile des Baumkörpers stehen unter dem unmittelbaren Einflusse der Lufttemperatur und eventuell der Insolation, denn die Grösse der Erwärmung und Abkühlung hängt unter übrigens gleichen Umständen auch von dem Grade und der Dauer der Besonnung oder Beschattung ab, und in dieser Beziehung zeigen die Bäume in Gruppen oder im Schatten ein anderes Verhalten, als bei isolirtem Stande. Die Schnelligkeit, womit sich unter denselben Verhältnissen die Baummasse erwärmt, ist abhängig von der Beschaffenheit und Stärke der Rinde, und der Fähigkeit von Rinde und Holz, die Wärme zu leiten. Das Wärmeleitungsvermögen ist, wie auch aus unseren speciellen Beobachtungen hervorging, je nach der Baumgattung verschieden. Der weitere Einfluss der specifischen Wärme von Holz und Rinde, sowie der chemisch-physiologischen Processe im gesammten Baumbereiche muss wohl dermalen noch unberücksichtigt bleiben, kann aber auch in Anbetracht der so wichtigen solaren Wirkung auf die Temperatur des Baumes im Allgemeinen füglich vernachlässigt werden.

Die Temperatur eines Baumtheiles variirt zunächst nach der Stärke oder dem Volumen desselben. Die tägliche Schwankung und das Maximum der Temperatur, beziehungsweise die Annäherung an den Gang und Betrag der Lufttemperatur ist am Stamme um so grösser, je näher an der Peripherie die betreffende Stelle liegt oder je kleiner der Durchmesser wird; der Wärmezustand ist somit am grössten in den dünnen Zweigen, am geringsten im dicksten Stammtheile. Die Temperaturanzeigen des Thermometers, dessen Quecksilberkugel sich in der Mitte des Stamm-, Ast- oder Zweigdurchmessers befindet, stehen im umgekehrten Verhältnisse zum Durchmesser.

Die Temperatur des Bauminnern ist sonach ein sehr relativer Begriff und durch die Combination der Verhältnisse bedingt. Derartige Beobachtungen lassen sich daher auch nur dann

vergleichen, wenn sie unter möglichst gleichen Voraussetzungen angestellt werden, wobei es erheblich ist, nach welcher Himmelsgegend, in welcher Höhe und bis zu welcher Tiefe die Thermometer eingelassen sind, wie gross der Durchmesser der betreffenden Theile ist und endlich, dass die Bäume unter derselben Beschattung oder Besonnung stehen.

Alle diese bereits bekannten und auch theilweise durch einschlägige Beobachtungen im Forstgarten zu Mariabrunn bestätigten Thatsachen hielten wir uns als Directive bei einem Versuche vor Augen, welchen wir am genannten Orte in den Monaten August und September des Jahres 1875 zu dem Zwecke ausführten, um den Einfluss kennen zu lernen, welchen eine wirksame Abkühlung des Wurzelraumes und des Kronenumfanges auf den Gang und das Mass der Temperatur des Baumes in drei Höhenabständen ausübt. Die Abkühlung des Wurzelraumes konnte durch ausgiebige Durchtränkung des Bodens und die Erkältung der Krone durch Benetzung mittelst einer Traufvorrichtung bewerkstelligt werden. Um die Wirkung dieses Einflusses auseinander zu halten von dem Effect bei normalem Wärmezustande, waren zwei Bäume erforderlich, von denen der eine zum Versuche, der andere als Normalbaum zur Controle dienen sollte.

Es hatte seine besondere Schwierigkeit, zwei Laubbäume derselben Art, Astbildung und Kronenmasse, also von möglichst gleicher Entwickelung und Lichtstellung ausfindig zu machen und zugleich die daran geknüpfte Bedingung zu erfüllen, dass der Versuchsbaum nicht zu ferne von der verfügbaren Wasserquelle und der Controlbaum hinwieder in der nöthigen Distanz, jedoch ohne Verrückung der Vergleichsgrundlagen, sich befinde.

Diese Erwägungen führten zur Wahl der Birke. Trafen auch die sonstigen Voraussetzungen zu, so bestand doch ein störender Unterschied in den Dimensionen. Der zum Experiment bestimmte Baum war in allen Theilen schwächer, als die Controlbirke, allein es blieb keine andere Wahl übrig.

Bei dieser Sachlage konnten bezüglich der Art und Weise bei der Anbringung der Baumthermometer, welche wir unten nahe am Boden, in der Mitte des Stammes und oben in der Kronenverzweigung zu vertheilen beabsichtigten, dreierlei Wege ein-

geschlagen werden. Entweder wir passten die Thermometer bei gleichem verticalen Abstande dem betreffenden Durchmesser von Stamm oder Ast an, oder wir suchten mit Hinwegsetzung über die Norm gleicher Distanz die gleiche Stamm- und Aststärke auf, oder endlich drittens, wir behielten ungeachtet des verschiedenen Durchmessers dieselbe Distanz und dieselbe Einsenkungstiefe der Thermometer für beide Bäume bei. Eine Combination der Alternativen wollten wir vermeiden, um nicht die Beobachtungen allzusehr zu vervielfältigen und dadurch zu verwirren.

Bei der Birke, welche bekanntlich kein Kernholz ausbildet, und bei welcher somit auch die centralen Holzschichten den Saft leiten, hätte man wohl die Thermometer bis in den halben Stammdurchmesser einführen können, allein im ersten Falle der Anbringungsweise wären die Einsenkungstiefen der Instrumente an den correspondirenden Theilen beider Bäume zu verschieden ausgefallen, und bei der zweiten Abänderung wären wieder zu grosse Differenzen in der Entfernung der einzelnen Beobachtungspunkte, namentlich des unteren Stammtheiles vom Boden entstanden, was unserer Versuchstendenz ganz zuwiderlief. Denn es handelte sich hauptsächlich darum, zu erfahren, in welchem Masse die Temperatur des Bodens, beziehungsweise des aufsteigenden Saftstromes den Wärmezustand des Stammes von unten her beeinflusst. Bei Festhaltung des Gesichtspunktes, dass die Temperatur des Bauminnern umsomehr von der Bodenwärme alterirt werde, je geringer der Abstand des betreffenden Stammabschnittes vom Boden ist und je jünger zugleich die Holzschichten sind, war zuvörderst die Einhaltung gleicher Entfernungen von der Bodenoberfläche aus geboten. Im ersten Falle durften wir weiterhin nicht vergessen, dass Gang und Betrag der Baumtemperatur mit der Tiefe des Bauminnern, respective mit der Stärke oder dem Volumen von Stamm und Ast in enger Wechselbeziehung zu den Wärmeverhältnissen der Luft steht, ferner, dass hier die Wirkung der Lufttemperatur oder der Insolation vorzugsweise in transversaler Richtung erfolgt, während der untere Stammtheil vom Boden aus offenbar im longitudinalen Sinne thermisch beeinflusst wird. Ein unmittelbarer Vergleich

der Baumtemperaturen wäre in den beiden ersten Fällen ebenfalls ausgeschlossen gewesen.

Wir entschieden uns ungeachtet der hiebei sich herausstellenden diametralen Abweichungen für den dritten Fall, nämlich für gleiche Höhendistanz bei gleicher Einsenkungstiefe der Thermometer. Die nothwendigerweise damit im Zusammenhange stehenden Divergenzen im Gang und Mass der Temperatur sollten jedoch zum Zwecke einer mittelbaren Vergleichung durch längere, vorgängige Beobachtungen constatirt werden. Mannigfacher Vorbereitungsschwierigkeiten halber konnte der Versuch erst am 20. August in Gang gesetzt werden. Die Orientirungsbeobachtungen währten bis 10. September.

Einrichtung des Versuches.

Der Forstgarten mit seiner hainartigen Baumstellung hat eine vollkommen ebene Lage und eine durchaus gleichartige Bodenconstitution. Die beiden Birken waren von anderen Bäumen nicht erheblich gedrückt oder beschattet. Die folgende Tabelle enthält die speciellen Abmessungen.

Tabelle I.

	Meter
Horizontale Entfernung der beiden Birken	55·3
Ganze Höhe der Versuchsbirke	15·5
„ „ „ Controlbirke	18·0
Abstand der Beobachtungsstelle Unten vom Boden . .	0·3
„ „ „ Mitte von Unten . . .	6·0
„ „ „ Oben von Mitte . . .	6·0

Beide Bäume waren normal entwickelt und beastet, allein ungleich nach Alter und Stärke. Die in allen Theilen massigere Controlbirke hatte auch eine umfangreichere Krone. An der unteren Stammpartie war die Birke bei beiden Bäumen dick und rissig. Die Thermometer konnten durchwegs in den Schaft selbst eingelassen werden. Die Nordseite der Stämme, an welcher die Instrumente angebracht waren, wurde in den Nachmittagsstunden von den Sonnenstrahlen leichthin gestreift.

Die folgende Tabelle enthält die genau ermittelten Dimensionen der Stammabschnitte an den Beobachtungsstellen in Centimeter.

Tabelle II.

Beobachtungsstelle	Versuchsbaum				Controlbaum				
	Halbmesser	Einsenkungstiefe des Thermometers	Abstand vom Mittelpunkt	Differenz der Halbmesser	Halbmesser	Einsenkungstiefe des Thermometers	Abstand vom Mittelpunkt	Differenz der Halbmesser	Controlbaum ist stärker
Unten	18·75	15	3·70	—	21·75	15	6·75	—	6·0
Mitte	11·75	10	1·75	7·00	15·50	10	5·50	6·25	7·5
Oben	7·00	5	2·00	4·75	10·00	5	5·00	5·50	6·0
Differenz Unten und Oben	11·75	—	—	—	11·75	—	—	—	—

Die Baumthermometer, welche behufs aufrechter Scala bekanntlich rechtwinkelig abgebogen sind, waren in Fünftelgrade mit solchen Abständen der Theilstriche eingetheilt, dass man noch Zehntelgrade mit grosser Sicherheit ablesen konnte. Die cylindrischen Quecksilbergefässe im Einsenkungsschenkel waren Unten 3·5, Mitte 3·0, Oben 2·5 Centimeter lang. Die in der Tabelle angegebene Sitztiefe der Instrumente bezieht sich bis auf die Hälfte der betreffenden Gefässlängen. Die Einlassung geschah mit der nöthigen Sorgfalt. Mittelst eines Spiralbohrers wurde an der Beobachtungsstelle ein horizontaler Canal von der Länge und Stärke des Gefässschenkels und mit so viel Spielraum ausgemacht, dass man die Instrumente zwar etwas strenge, aber ohne Gefahr einer Verletzung ein- und ausschieben konnte. Die Zwischenräume an der Einführungsöffnung wurden mit paraffinirter Baumwolle ausgefüllt und zum vollständigen Abschluss von der äusseren Luft mit einem Überzug von Klebwachs gedichtet. Neben jedem Baumthermometer befand sich ein in Holz gefasstes Luftthermometer. Die Instrumente waren

unter einander und mit dem Stationsthermometer verglichen. Nach Beendigung des Versuches wurden dieselben abermals einer Controle unterzogen. Alle Temperaturangaben bedeuten Grade Celsius.

Im Schatten der Versuchsbirke wurden ferner Bodenthermometer in Tiefen von 15, 30, 60 und 90 Centimeter eingesenkt. In einer anderen, der vollen Insolation ausgesetzten baumlosen Partie des Forstgartens befanden sich acht stabile Bodenthermometer von 0 bis 180 Centimeter Tiefe. Ohnehin war der Beobachtungsapparat durch Barometer, Psychrometer, Thermometrograph und Regenmesser vervollständigt. Täglich mehrmalige Aufzeichnungen der Richtung und Stärke des Windes, sowie der Bedeckung des Himmels ergänzten das zum Versuch erforderliche meteorologische Material.

Zur Gewinnung comparativer Unterlagen handelte es sich zunächst darum, die Temperaturverhältnisse der Bäume überhaupt zu constatiren. Die Beobachtungen wurden stündlich, von sechs Uhr Früh bis acht Uhr Abends angestellt. Um ferner den auf- und absteigenden Gang der Baumtemperatur, beziehungsweise die Eintrittszeiten des Maximums, die sogenannten Wendestunden, an den dickeren Stammtheilen kennen zu lernen, konnten auch stündliche Beobachtungen während der Nacht nicht umgangen werden.

Tabelle III erläutert den allgemeinen Gang der Temperatur der Bäume in drei Höhenabständen und den betreffenden Stammtiefen an einem heiteren, warmen Tage Ende August, Anfangs September. Die Stunden sind gezählt von Mitternacht zu Mitternacht.

Tabelle III.

Allgemeiner Temperaturgang des Versuchs- und Controlbaumes.

Beobachtungsstelle	Versuchsbaum						Controlbaum						Anmerkung
	Eintritt in Stunde		Dauer in Stunden		Baum ist kälter als Luft		Eintritt in Stunde		Dauer in Stunden		Baum ist kälter als Luft		
	Maximum	Minimum	Fallen	Steigen	während der Stunden	Anzahl der Stunden	Maximum	Minimum	Fallen	Steigen	während der Stunden	Anzahl der Stunden	
Unten . .	2	12	10	14	8 bis 19	11	3	13	10	14	9 bis 19	10	Beim Controlbaum verspäten sich die Extreme um eine Stunde
Mitte . . .	20	9	13	11	8 „ 17	9	21	10	13	11	8 „ 18	10	
Oben . . .	18	7	13	11	7 „ 16	9	19	8	13	11	8 „ 17	9	

Unten. Das Maximum der Temperatur tritt nach Mitternacht, das Minimum zu Mittag ein. Um beide Wendezeiten herum, jedoch auffallender beim Eintritt des Minimums, verharrt die Temperatur durch zwei bis drei Stunden nahezu auf derselben Höhe. In der Nacht hält dann die Wärmezuleitung von Innen her der Wärmeausstrahlung einige Zeit das Gleichgewicht, bis letztere zu überwiegen beginnt. Mittags tritt zur Zeit des Minimums ebenfalls eine Pause ein, während welcher die Wärmezufuhr von Aussen her eben so gross ist, als das Abkühlungsmoment des aufsteigenden Saftstromes zufolge der Transpiration, bis endlich erstere die Oberhand gewinnt.

Mitte. Die Temperatur erreicht schon mit Eintritt der Nacht ihr Maximum und sinkt dann bis in die Vormittagsstunden. Wegen des abnehmenden Durchmessers ist in der Wendezeit eine längere Constanz der Temperatur nicht zu bemerken.

Oben. Das Maximum fällt in die Abendzeit, das Minimum in die Morgenstunden.

Die Differenz in der Eintrittszeit der Extreme beim Versuchs- und Controlbaum findet in dem Unterschiede der Dimensionen ihre einfache Erklärung. Mit der Grösse des Durchmessers verzögert sich sowohl der Eintritt des Maximums, als des Minimums. Ebenso nimmt mit dem Wachsen des Volumens die Zeitdauer zu, wo der Baum wärmer als die Luft ist.

Tabelle IV.

Lufttemperatur an den Bäumen.

Mittel aus je 15 täglichen Beobachtungen vom 21. August bis 10. September 1875.

Baum	Unten	Mitte	Oben	Mittel
Versuchsbaum	18·30	18·58	18·49	18·46
Controlbaum	18·30	18·50	18·38	18·39
Controlbaum ±	0·00	— 0·08	— 0·11	— 0·07

Tabelle V.

Baumtemperatur.

Mittel aus je 15 täglichen Beobachtungen vom 21. August bis 10. September 1875.

Baum	Unten	Mitte	Oben
Versuchsbaum	16·68	16·83	17·57
Controlbaum	17·03	16·88	17·13
Controlbaum ±	+ 0·35	+ 0·05	— 0·44

Tabelle VI.

Differenz zwischen Luft- und Baumtemperatur.

Baum	Unten	Mitte	Oben
Versuchsbaum	— 1·62	— 1·75	— 0·92
Controlbaum	— 1·27	— 1·62	— 1·25

Bei beiden Bäumen ist die mittlere Lufttemperatur in der Mitte etwas höher als Unten und Oben. Zum Theil liegt der Grund wohl darin, weil diese Stammpartien von der Nachmittagssonne gestreift wurden. Wie leicht erklärlich, ist Oben die Lufttemperatur höher als Unten, und zwar mehr bei der Versuchs- als bei der Controlbirke, da letztere eine dichtere Krone hatte. Die untere Lufttemperatur ist bei beiden Bäumen gleich.

Die Baumtemperatur nimmt bei der Versuchsbirke in der Mitte und nach Oben zu. Am grössten ist die Differenz zwischen Mitte und Oben. Bei der Controlbirke sinkt die Temperatur gegen die Mitte und steigt wieder nach Oben, so dass sie Oben ebenfalls höher steht als Unten. Die Differenz ist jedoch weit geringer, als bei der Versuchsbirke. Die Ursache dieser Abweichungen muss in den diametralen Verhältnissen gesucht werden.

Vergleicht man die Bäume miteinander, so findet man, dass die Controlbirke Unten um nahezu denselben Werth wärmer, als sie Oben gegenüber der Versuchsbirke kälter ist. Die Differenz in der Mitte bewegt sich um eine kaum nennenswerthe Grösse. Die untere höhere Temperatur der Controlbirke beruht in grösserer Wärmeansammlung bei grösserem Volumen, wogegen die Temperatur in den oberen Partien geringer ausfällt als bei der Versuchsbirke, weil wegen des grösseren Durchmessers die positiven Extreme zurückbleiben.

Nachdem wir aus einer Beobachtungsreihe von 21 Tagen, innerhalb welcher heitere, trübe und regnerische Tage wechselten, die nöthigen, allerdings etwas complicirten Anhaltspunkte zur Beurtheilung der experimentellen Resultate gewonnen hatten, schritten wir zur ausgiebigen Durchtränkung des Standraumes der Versuchsbirke.

Die hiefür erforderliche Wasserquantität lieferte ein verlassener Schöpfbrunnen, welcher 28·5 Meter vom Versuchsbaum entfernt war. Der Schacht hatte eine Tiefe von 6·6 Meter, und der Wasserstand betrug 0·8 Meter. Die Temperatur des Wassers war constant 10 Grad und differirte hinreichend von der Bodenwärme in den oberen Schichten. Die Absicht, das Wasser im Verlaufe des Versuches durch eingeworfenes Eis noch weiter abzukühlen, mussten wir wegen schwieriger Beschaffung desselben aufgeben, so entscheidend auch für unseren Versuch ein greller Temperaturunterschied zwischen Boden und Wasser gewesen wäre. Um bei dem schadhaften Zustande des Pumpwerkes keinen Störungen ausgesetzt zu sein, wurde eine mit Schläuchen ausgerüstete, doppelt wirkende Saug- und Druckpumpe mit einer theoretischen Wasserförderung von 65 bis 70 Hektoliter in der Stunde aufgestellt, deren Bedienung vier Mann erheischte. Die Begiessungsperiode währte mit Unterbrechung von zwei Ruhetagen vom 11. bis 20. September. Mit Abrechnung der Mittagspause wurde von 6 Uhr Früh bis 6 Uhr Abends gepumpt. Nimmt man nur zehn volle Arbeitsstunden und 30 Hektoliter Wasser in der Stunde, so beträgt die geförderte Wassermenge 300 Hektoliter oder 30 Kubikmeter im Tag, und in acht Tagen 2400 Hektoliter oder 240 Kubikmeter.

Um zu verhindern, dass das Wasser nicht etwa seitlich sich ausbreite oder abfliesse, wurde in entsprechendem Abstande von dem Stamme ein kreisförmiger Wall aufgeworfen und eine raschere Infiltration durch Öffnung mehrerer Löcher innerhalb der Umwallung bewirkt. In den ersten Tagen verschluckte der ausserordentlich ausgetrocknete Boden das Wasser mit grosser Begierde. Späterhin, als der Boden bis auf den Grundwasserspiegel vollständig imbibirt war, bildete sich innerhalb der Umwallung ein Sumpf, welcher sich erst während der Nacht verlor.

Wie aus Grabungen im Garten und ausserhalb desselben, sowie aus den Bacheinschnitten zu ersehen war, besteht der aufgeschwemmte Boden aus sandigem Lehm im Wechsel mit mehr thonigen, aber nicht undurchlässigen Schichten. Im Forstgarten schaltete sich unterhalb der Krume eine schmale Geröllage ein. Obwohl die Entfernung des Controlbaumes 55 Meter betrug, so mussten wir uns doch überzeugen, ob das Wasser nicht etwa

durch eine Bodenkluft hinüberziehe, was jedoch nicht der Fall war.

Während der Begiessungsperiode fiel kein Tropfen Regen. Das Wetter verlief, wie aus der folgenden Übersichtstabelle hervorgeht, für den Versuch überaus günstig. Die Beobachtung geschah stündlich von 6 Uhr Früh bis 8 Uhr Abends.

Tabelle VII.

Witterungsübersicht.

September	Temperatur-Mittel	Extreme		Richtung und Stärke des Windes		Bewölkung
		Maximum	Minimum			
11.	16·6	24·6	5·3	SE	2	0
12.	18·2	25·2	5·0	SE	2	0
13.	19·2	24·5	4·3	NW	2	5
14.	14·0	19·7	11·4	NW	3	6
15.	10·4	17·0	3·3	N	2	0
16.	11·8	22·5	1·0	NE	1	0
17.	12·7	20·5	0·0	SE	2	0
18.	14·9	22·4	1·5	SE	1	0
19.	14·2	23·0	1·1	NE	1	0
20.	15·9	24·5	3·0	SE	1	1

In der Begiessungsperiode brachte Nordwest nur an zwei Tagen eine halbe Bedeckung des Himmels, welcher sich mit dem Umspringen des Windes nach Nord- und Südost wieder vollständig aufklärte. Die mittlere Temperatur und das absolute Maximum hob sich von da an wieder, allein die heiteren und stillen Nächte hatten erhebliche Depressionen, am 17. September bis auf den Eispunkt zur Folge.

Tabelle VIII.

Bodentemperatur unter der Birke und im Freien.

Datum	15 Centimeter			30 Centimeter			60 Centimeter			90 Centimeter		
	Birke	Frei	Differenz	Birke	Frei	Differenz	Birke	Frei	Differenz	Birke	Frei	Differenz
21. bis 31. August	17·62	21·28	3·66	16·99	20·40	3·41	17·34	19 21	1·87	16·79	17·32	0·53
1. bis 10. September	15·48	16·59	1·11	15·55	16·85	1·30	16·16	17·13	0·97	15·21	16·22	0·98
Mittel .	16·55	18·93	2·38	16·27	18·62	2·35	16·75	18·17	1·42	16·01	16·77	0·75
11. bis 20. September	11·11	16·38	5·27	11·20	16 18	4·98	11·87	16·11	4·24	11·28	15·30	4·02

Die Differenz der Bodentemperaturen im Freien und unter der Birke, ein Resultat des Gegensatzes von Insolation und Beschattung, zeigt in der Vorperiode eine Verringerung mit der Tiefe. Während der Begiessungsperiode ist begreiflicherweise die Bodentemperatur unter dem Baume in den vier beobachteten Schichten nicht wesentlich von einander verschieden und differirt auch in viel höherem Grade mit den correspondirenden Horizonten im Freien. Der Boden unter der Birke ist wärmer als das Wasser, da dieses, ehe es in den Boden versickerte, sich erwärmte und dem Boden selbst Wärme entzog. Im Mittel der Schichten ist der Boden um 1·36° wärmer, als das zugeführte Wasser.

Mittlere Temperatur des Bodens von allen Schichten bis 90 Centimeter Tiefe.

Periode	Birke	Frei	Differenz
21. August bis 10. September	16·39	18·12	1·73
11. bis 20. September	11·36	15·99	4·63
Differenz .	5·03	2·13	2·90

Corrigirt man mit der Temperaturdifferenz der Vorperiode die mittlere Temperatur im Freien in der Begiessungsperiode, so erhält man die approximative Temperatur des trockenen Bodens unter der Birke.

Corrigirter trockener Boden . .	14·26°
Beobachteter nasser Boden . .	11·36°
Differenz .	2·90°

Offenbar muss diese Rechnung mit der vorigen stimmen. Sonach wäre der Boden zufolge der Begiessung um 2·90° kälter geworden.

Tabelle IX.

Lufttemperatur an den Bäumen.

Periode	Unten	Mitte	Oben	Mittel
Vom 21. August bis 10. September.				
Versuchsbaum	18·30	18·58	18·49	18·46
Controlbaum	18·30	18·50	18·38	18·39
Controlbaum ±	0·00	— 0·08	— 0·11	— 0·07
Vom 11. bis 20. September.				
Versuchsbaum	14·95	15·81	16·02	15·59
Controlbaum	15·93	16·10	16·21	16·08
Controlbaum ±	+ 0·98	+ 0·29	+ 0·19	+ 0·49

In der Begiessungsperiode ist die Lufttemperatur bei der Versuchsbirke in allen Stammhöhen gesunken. Die Controlbaum-

Luft, in der Vorperiode nicht oder nur wenig von der Versuchsbaum-Luft unterschieden, zeigt in der Begiessungsperiode höhere Temperaturen mit nach Oben abnehmenden Differenzen. Bei Versuchsbaum Unten äussert sich unverkennbar der Einfluss der Bodenverdunstung. In der Begiessungsperiode ist bei beiden Bäumen eine Zunahme der Lufttemperatur von Unten nach Oben deutlich ausgesprochen.

Tabelle X.

Baumtemperatur.

Periode	Unten	Mitte	Oben
Vom 21. August bis 10. September.			
Versuchsbaum	16·68	16·83	17·57
Controlbaum	17·03	16·88	17·13
Controlbaum ±	+ 0·35	+ 0·05	— 0·44
Vom 11. bis 20. September.			
Versuchsbaum	11·37	12·73	14·07
Controlbaum	14·14	13·38	13·78
Controlbaum ±	+ 2·77	+ 0·65	— 0·29

In der Vorperiode war Controlbaum Unten merklich, in der Mitte unbedeutend wärmer, Oben jedoch kälter, als Versuchsbaum in den correspondirenden Stammtheilen. In der Begiessungsperiode nimmt die positive Differenz erheblich zu, die negative ebenso ab.

Controlbaum	Unten	Mitte	Oben
Differenz in der Begiessungsperiode . .	+2·77	+0·65	—0·29
„ „ „ Vorperiode	+0·35	+0·05	—0·44
„ der Differenzen	2·42	0·60	0·15

Auf vorstehende Resultate, als Mass der Depression der Temperatur des Bauminnern zufolge der Begiessung, werden wir späterhin in ausführlicherer Weise zurückkommen.

Tabelle XI.

Differenz zwischen Luft- und Baumtemperatur.

Periode	Unten	Mitte	Oben
Vom 21. August bis 10. September.			
Versuchsbaum ist kälter als Luft	1·62	1·75	0·92
Controlbaum „ „ „ „	1·27	1·62	1·25
Controlbaum ±	—0·35	—0·13	+0·33
Vom 11. bis 20. September.			
Versuchsbaum ist kälter als Luft	3·58	3·08	1·95
Controlbaum „ „ „ „	1·79	2·72	2·43
Controlbaum ±	—1·79	—0·36	+0·48

Da die Lufttemperatur beim Versuchsbaum in der Begiessungsperiode wesentlich alterirt wurde, so erscheint es gerechtfertigt, zur Vergleichung beider Perioden für beide Bäume die Controlbaumluft heranzuziehen, zumal letztere in der Vorperiode Unten gar nicht, in der Mitte und Oben nur unerheblich von der Versuchsbaumluft differirte. Die Verhältnisse nach dieser Grundlage stellt die folgende Tabelle dar.

Einheitliche Differenz zwischen Luft- und Baumtemperatur.

Baum ist kälter als Luft	Unten	Mitte	Oben
Vom 21. August bis 10. September.			
Versuchsbaum	1·62	1·67	0·81
Controlbaum	1·27	1·62	1·25
Controlbaum ±	—0·35	—0·05	+0·44
Vom 11. bis 20. September.			
Versuchsbaum	4·56	3·37	2·14
Controlbaum	1·79	2·72	2·43
Controlbaum ±	—2·77	—0·65	+0·29

Die Temperatur des Bauminnern in Bezug auf die Lufttemperatur ist in der Begiessungsperiode bei beiden Bäumen zurückgegangen. Um wie viel grösser jedoch diese Differenz zwischen Luft- und Baumtemperatur gegenüber der Vorperiode bei der Versuchsbirke war, zeigt die folgende procentische Darstellung.

Zunahme der Differenz in Procenten.

In der Begiessungsperiode ist die Differenz grösser	Unten	Mitte	Oben
Versuchsbaum	181·5	101·8	164·1
Controlbaum	40·9	67·9	94·4
Differenz .	140·6	33·9	69·7

Wie die folgende Tabelle zeigt, fallen die Luftdifferenzen in der zweiten Periode mit alleiniger Ausnahme der Luft am Versuchsbaum Unten positiv aus. Die durchwegs positiven Differenzen sind beim Controlbaum grösser.

Tabelle XII.

Differenz der Dekaden von Luft- und Baumtemperatur.

Dekade	Lufttemperatur						Baumtemperatur					
	Versuch			Controle			Versuch			Controle		
	Unten	Mitte	Oben	Unten	Mitte	Oben	Unten	Mitte	Oben	Unten	Mitte	Oben
Von der Dekade 21. bis 31. August differirt Dekade 1. bis 10. Sept. .	—5 51	—5·74	—5·24	—5·10	—5·18	—5·26	—3·45	—4·82	—4·84	—2·94	—4·81	—4·50
Von der Dekade 1. bis 10. September differirt Dekade 11. bis 20. Sept. .	—0·59	+0·10	+0·15	+0·18	+0·19	+0·46	—3·59	—1·69	—1·08	—1·42	—1·10	—1·10

Zieht man bei der Baumtemperatur die correspondirenden Differenzen, so erhält man für den Versuchsbaum gegenüber dem Controlbaum folgende Werthe.

Dekade	Unten	Mitte	Oben
Versuchsbaum ±.			
Vom 1. bis 10. September . . .	+0·51	+0·01	+0·34
„ 11. „ 20. „ . . .	+2·17	+0·59	+0·02

Beim Versuchsbaum fallen in der Begiessungsperiode die Differenzen Unten und in der Mitte viel höher aus.

Tabelle XIII.

Dekaden der zwischen 6 Uhr Früh und 8 Uhr Abends beobachteten höchsten und niedrigsten Baumtemperaturen.

Periode	Unten		Mitte		Oben	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
Vom 1. bis 10. September.						
Versuchsbaum	15·45	14·54	17·14	12·54	18·55	11·16
Controlbaum	15·91	15·23	16·15	13·36	17·87	11·84
Controlbaum ±	+0·46	+0·69	−0·99	+0·82	−0·68	+0·68
Vom 11. bis 20. September.						
Versuchsbaum	12·38	11·09	17·21	9·52	20·07	7·29
Controlbaum	14·86	13·70	15·98	11·33	19·06	8·55
Controlbaum ±	+2·48	+2·61	−1·23	+1·81	−1·01	+1·26

Hiebei ist zu bemerken, dass im unteren Stammtheile das Maximum erst nach Mitternacht eintrat und dass bis acht Uhr Abends beim Controlbaum in der Mitte die höchste Temperatur noch nicht erreicht war.

Schon in der Vorperiode zeigte der Controlbaum Unten ein höheres Maximum und Minimum, als der Versuchsbaum, und differirte darin um so mehr in der Begiessungsperiode. In der Mitte stand das Maximum tiefer und das Minimum höher, als beim Versuchsbaum, welches Verhältniss sich auch in der Begiessungsperiode.

jedoch in viel grösserem Masse ausspricht. Derselbe Fall tritt auch Oben in die Erscheinung.

Tabelle XIV.

Amplituden der Extreme.

Periode	Unten	Mitte	Oben
Vom 1. bis 10. September.			
Versuchsbaum	0·91	4·60	7·39
Controlbaum	0·68	2·79	6·03
Controlbaum ±	—0·23	—1·81	—1·36
Vom 11. bis 20. September.			
Versuchsbaum	1·29	7·69	12·78
Controlbaum	1·16	4·65	10·51
Controlbaum ±	—0·13	—3·04	—2·27

Die Amplitude nimmt von Unten nach Oben, oder von dem grösseren nach dem kleineren Volumen und der Annäherung an die Stammperipherie zu; sie erweitert sich sonach mit der Verkürzung des Durchmessers und bleibt gemäss den Dimensionen beim Controlbaum gegenüber dem Versuchsbaum zurück.

Folgende Tabelle zeigt die procentische Zunahme der Amplitude in der Begiessungsperiode.

Zunahme der Amplitude in Procenten.

Begiessungsperiode	Unten	Mitte	Oben
Versuchsbaum	41·7	67·2	72·9
Controlbaum	70·6	66·7	74·3

Die negative Differenz bei Controlbaum Mitte ist auf den bereits erwähnten Umstand zurückzuführen, dass hier das Maximum erst nach acht Uhr Abends eintrat. Aus dieser Rücksicht hätte sich die Beobachtungsdauer bis neun Uhr Abends erstrecken sollen. Eine diesfällige Correctur würde eine grössere Differenz in allen Höhen des Controlbaumes während der Begiessungs-

periode ergeben. Die Abkühlung des Standraumes der Versuchsbirke bewirkte sonach eine Restriction im Verhältniss der Zunahme der Amplitude namentlich im unteren Stammtheile.

Tabelle XV.

Schwankung nach Stunden und Graden innerhalb der Tageszeit 6 Uhr Früh bis 8 Uhr Abends.

Periode	Temperatur Unten				Temperatur Mitte					Temperatur Oben				
	fällt bis Stunde	fällt	steigt	Schwankung	fällt	steigt	fällt	steigt	Schwankung	fällt	steigt	fällt	steigt	Schwankung
		Grade			bis Stunde		Grade			bis Stunde		Grade		
Vom 1. bis 10. Sept.														
Versuchsbaum . . .	11·6	0·80	1·46	2·26	9·0	20·0	1·20	8·12	9·32	7·0	17·8	0·24	13·14	13·38
Controlbaum	12·7	0·72	0·92	1·64	10·2	20·6	1·30	4·86	6·16	8·0	18·6	0·38	10·60	10·98
Controlbaum ± . . .	+1·1	—0·08	—0·54	—0·62	+0·8	+0·6	+0·10	—3·26	—3·16	+1·0	+0·8	+0·14	—2·54	—2·40
Vom 11. bis 20. Sept.														
Versuchsbaum . . .	12·3	0·94	1·32	2·26	9·0	19·7	1·35	8·42	9·77	7·0	17·8	0·38	14·06	14·44
Controlbaum . . .	13·1	1·04	1·16	2·20	10·7	20·0	1·45	5·09	6·54	8·0	18·2	0·61	11·50	12·11
Controlbaum ± . . .	+0·8	+0·10	—0·16	—0·06	+1·7	+0·3	+0·10	—3·33	—3·23	+1·0	+0·4	+0·23	—2·56	—2·33
Differenz beider Perioden.														
Versuchsb., 2. Periode ±	+0·7	+0·14	—0·14	0·00	0·0	—0·3	+0·15	+0·30	+0·45	0·0	0·0	+0·14	+0·92	+1·06
Controlb., 2. „ ±	+0·4	+0·32	+0·24	+0·56	+0·5	—0·6	+0·15	+0·23	+0·38	0·0	—0·4	+0·23	+0·90	+1·13

Unten. In der zweiten Periode verspätet sich aus allgemeinen Gründen die Wendezeit, doch währt die Fallzeit bei Versuchsbaum länger, als bei Controlbaum. Die Grösse der Schwankung ist bei Versuchsbaum in beiden Perioden unverändert, nimmt dagegen bei Controlbaum zu.

Mitte. Die Fallstunden sind bei Versuchsbaum in beiden Perioden dieselben, die Steigstunde weicht jedoch in der zweiten Periode etwas zurück. Bei Controlbaum nimmt die Fallzeit zu und die Steigzeit ab. Beide Bäume haben in der zweiten Periode eine grössere Schwankung aufzuweisen.

Oben. Die Fallzeiten erleiden in der zweiten Periode bei beiden Bäumen keine Änderung, bei Controlbaum geht jedoch die Steigzeit etwas zurück. Das Fallen und Steigen der Temperatur nimmt in der zweiten Periode bei beiden Bäumen zu, nur ist bei Controlbaum das Fallen etwas stärker. Beide Bäume zeigen in der zweiten Periode eine grössere Schwankung mit einem geringen Unterschied zu Gunsten des Controlbaumes.

Tabelle XVI.

Procentische Darstellung der Zu- oder Abnahme des Fallens und Steigens der Baumtemperatur und der Schwankungsgrösse in der zweiten Periode.

Begiessungsperiode	Unten			Mitte			Oben		
	Fallen	Steigen	Schwankung	Fallen	Steigen	Schwankung	Fallen	Steigen	Schwankung
Versuchsbaum	17·5	—9·6	0·0	12·5	3·7	4·8	58·3	7·9	7·9
Controlbaum	41·4	26·1	34·1	11·5	1·7	6·2	60·5	8·5	10·3

Betrag der Temperaturdepression des Versuchsbaumes durch Begiessung.

In der Vorperiode ergab sich folgende Temperaturdifferenz für den Controlbaum:

Vorperiode	Unten	Mitte	Oben
Controlbaum ±	—0·35	—0·05	+0·44

Zieht man diese Werthe von der Temperatur des Controlbaumes in der zweiten Periode ab, so erhält man die berechnete Temperatur des Versuchsbaumes, wenn der Boden nicht begossen worden wäre.

Temperatur	Unten	Mitte	Oben
Controlbaum, zweite Periode . .	14·14	13·38	13·78
Correctur, erste Periode	—0·35	—0·05	+0·44
Versuchsbaum, zweite Periode . .	13·79	13·33	14·22

Subtrahirt man von dieser, für die Begiessungsperiode berechneten normalen Temperatur des Versuchsbaumes die beobachtete anormale:

Zweite Periode	Unten	Mitte	Oben
Berechnete Temperatur	13·79	13·33	14·22
Beobachtete Temperatur	11·37	12·73	14·07
Differenz .	2·42	0·60	0·15

so sind vorstehende Differenzen die calcülmässigen Beträge, um welche die Temperatur des Baumes zufolge der Begiessung herabgedrückt wurde.

Zu dem nämlichen Resultate gelangten wir bereits ganz einfach durch die Differenz der Differenzen des Controlbaumes.

Controlbaum	Unten	Mitte	Oben
Differenz in der Begiessungsperiode	2·77	0·65	0·29
Differenz in der Vorperiode . . .	0·35	0·05	0·44
Differenz der Differenzen .	2·42	0·60	0·15

Die Differenz Oben zur Vergleichsbasis genommen, lässt sich, mathematisch ausgedrückt, folgendes Verhältniss aufstellen:

$$4^2 \cdot 15 : 4^1 \cdot 15 : 4^0 \cdot 15.$$

Das ermittelte Resultat kann noch auf folgende Weise in mathematischer Form dargestellt werden. Bringt man die mit 100 multiplicirten Differenzen: 240, 60, 15 auf den kleinsten Ausdruck, so erhält man:

$$16 : 4 : 1 = 2^4 : 2^2 : 2^0$$

oder:

$$2 \cdot 40 : 0 \cdot 60 : 0 \cdot 15 = 16 : 4 : 1.$$

Unter den diesfälligen experimentellen Umständen würde somit durch den aufsteigenden Saftstrom die Temperatur des Bauminnern in einer Höhe von 6 Meter um 0·60°, und in einer Höhe von 12 Meter noch um 0·15° beeinflusst werden, während die Depression am Stammansatze selbst das Vierfache von der Mitte und das Sechzehnfache von Oben beträgt.

Die untere Differenz vermindert sich vom Stammansatze an mit jedem Meter aufwärts bis zur Mitte im Mittel um 0·3°, und von da nach Oben um 0·075°, oder, was dasselbe ist, es steigt um die gleichen Werthe der transversale Einfluss der Lufttemperatur. Der longitudinale Einfluss des aufsteigenden Saftstromes auf die Temperatur des Bauminnern würde sich graphisch als schlanker Kegel darstellen, welcher den Stammansatz zur Basis hat und dessen Spitze sich in den dünnen Endungen des Stammes verliert.

Die in der Begiessungsperiode gefundene mittlere Bodentemperatur unter der Birke stimmt mit der unteren Stammtemperatur ganz überein.

Bodenschichten . . 11·36°
Baum Unten . . . . 11·37°.

Der Stammansatz, 30 Centimeter über dem Boden, steht noch unter dem vollen Einflusse der Bodentemperatur, beziehungsweise der Temperatur des aufsteigenden Saftstromes.

Um dem allfälligen Einwande zu begegnen, die Baumtemperatur sei unabhängig vom aufsteigenden Saftstrome, und um uns über die longitudinale Wärmeleitung im Holze bei Ausschluss der Transpiration zu unterrichten, führten wir folgenden Versuch aus.

Wir fällten im Winter einen mässig starken Ahornbaum und richteten einen Strunk von 2·85 Meter Länge und 0·14 Meter mittlerem Durchmesser zu. Der Strunk wurde in noch gefrorenem Zustande in ein ungeheiztes Zimmer geschafft und daselbst an einer ebenfalls indifferenten Wand aufrecht derart befestigt, dass das untere Stammende auf dem Boden einer geräumigen Schale und diese auf einem soliden Dreifuss aufruhte. In der Mitte des Schaftes bei 142 Centimeter Höhe und in Abständen von je 65 Centimeter vom unteren und oberen Ende wurden Baumthermometer bis zum halben Durchmesser und zwar Unten 7·5, Mitte 7·0 und Oben 6·5 Centimeter tief eingelassen und daneben Luftthermometer aufgehängt.

Kurz nach der Aufstellung und Adjustirung zeigte das Bauminnere Temperaturen von —1·6° Unten, —1·1° Mitte und —0·9° Oben. Nach zwei Tagen hatte der Baumstrunk nahezu die Temperatur des Zimmers von 7·6° angenommen und innerhalb dieser Zeit 150 Kubikcentimeter Saft austreten lassen.

Nachdem sich die Baum- mit der Lufttemperatur ins Gleichgewicht gesetzt hatte, packten wir die Schale mit Schnee voll und häuften ihn, fest zusammengedrückt, etwas am Stamme herauf an. Indem wir den anfänglichen Stand der Schnee-emballage immer wieder erneuerten, wurde die Temperatur des untersten Stammendes einige Tage auf dem Eispunkte erhalten.

Hierauf erwärmten wir den Inhalt der Schale in Perioden von mehreren Tagen successive auf 15, 30, 50 und 75 Grad. Das untere Stammende tauchte dabei 10 Centimeter tief in das Wasser.

Wir können es füglich unterlassen, Zahlenbelege vorzuführen, da der ganze Versuch, wie vorauszusehen war, keine Thatsache zu Tage förderte, welche mit unseren experimentellen Resultaten irgendwie im Widerspruch stünde.

In demselben Verhältnisse, wie die Temperatur der Zimmerluft von Unten nach Oben zunahm, variirte auch die Baumtemperatur, wobei jedoch nicht vergessen werden darf, dass das Holz ein schlechter Wärmeleiter ist und dass daher, da die Zimmerluft je nach den Schwankungen der äusseren Temperatur eine bald auf-, bald absteigende Tendenz beobachtet, welcher das Holz nicht so rasch folgen kann, eine auch zeitlich vollkommene Übereinstimmung der Baum- mit der Lufttemperatur nicht erwartet werden kann.

Sowohl bei der Abkühlung, als bei der Erwärmung des untersten Strunkendes reichte die Ab- oder Zunahme der Baumtemperatur nicht über die, nach dem physikalischen Gesetze für die Wärmeleitung des Holzes mögliche Schaftzone hinaus. Es liess sich somit auch an der unteren, 50 bis 55 Centimeter über dem Schnee- oder Warmwasser befindlichen Beobachtungsstelle ein alterirender Einfluss im longitudinalen Sinne nicht erkennen.

Die Differenz der Luft- und Baumtemperatur oscillirte in der Abkühlungsperiode zwischen 0·1 und 0·3 Grad, um welchen Betrag die Baumtemperatur zurückblieb. In der Periode der Erwärmung auf 15 Grad stieg die Differenz Unten schon auf 0·5 Grad. In den weiteren Perioden, insbesonders bei 50 und 75 Grad Erwärmung, mittlerweile sich die Zimmertemperatur auf 12 Grad hob, erreichte die Differenz Unten 1·2 Grad. In den beiden letzteren Perioden nahm die Luft- und Baumtemperatur gleichmässig von Unten nach Oben ab. Der Grund dieser Umkehrung des normalen Verhältnisses liegt einfach darin, weil trotz sorgfältiger Bedeckung der Wasseroberfläche in der Schale und vorsichtiger Abhaltung der zwischen Stamm und Deckel aufsteigenden Wasserdämpfe eine seitliche Erwärmung der Luftschichten von Unten her nicht völlig verhindert werden konnte. Die Baumtemperatur blieb jedoch stets in gewisser differirender Correspondenz mit der Lufttemperatur.

Dieser Versuch zeigt in unzweideutiger Weise, dass, sobald die Wirkung des aufsteigenden Saftstromes, beziehungsweise

der Transpiration, ausgeschlossen ist, die Baumtemperatur lediglich von der transversal geleiteten Wärme bestimmt wird.

Beregnung der Birke.

Die Benetzung der Krone in Form von Regen sollte mit Hilfe einer geräumigen, über den Baumwipfel angebrachten und mit feinen Sieblöchern versehenen Traufvorrichtung geschehen. Diese kreisrunde Siebtasse mit entsprechendem Bord und einem Durchmesser von 1·8 Meter befand sich in horizontaler Aufhängung 0·6 Meter über den Kronenspitzen. Zu diesem Zwecke wurden drei starke Bauhölzer derart in den Boden eingerammt, dass die nach oben convergirenden Enden die horizontal und vertical verstellbare Siebtasse zwischen sich aufnehmen konnten. Der längs eines Balkens in die Höhe geführte Wasserschlauch mündete mittelst eines Ausgussrohres unmittelbar in das Siebgefäss, welches noch eine dreifache Leinwandeinlage erhielt, wodurch verhütet werden sollte, dass das Wasser trotz der feinen Sieblöcher nicht etwa in schlagenden Strängen niedergehe.

Der Effect entsprach nicht ganz unserer Erwartung, doch war die Jahreszeit schon zu weit vorgerückt, um noch eine Abänderung treffen zu können. Viel einfacher und zweckmässiger wäre es gewesen, das Wasser zuerst in ein Reservoir seitlich, aber oberhalb der Krone zu leiten und von da einen Schleuderschlauch mit einer Gärntnerbrause ausgehen zu lassen, um von einem hohen Sitze aus in ähnlicher Weise, wie man bei der Strassenbespritzung hantirt, die Beregnung auszuführen, wobei es ganz in der Hand des Arbeiters gelegen hätte, alle Theile der Krone, auch die abstehenden Zweige, mit den Wasserstrahlen zu bestreichen.

Die Birke stand noch im vollen grünen Laubschmuck und schien nach der so gründlichen Durchtränkung des Bodens neu belebt zu sein.

Der 21. September bot für das Experiment noch die günstigste Aussicht. Namentlich zeichneten sich die Nachmittagsstunden durch klares, warmes Wetter aus. Der Wind drehte sich von Südwest nach West mit einer mittleren Stärke von 4·5 nach der zehntheiligen Scala. Die Luft war somit ziemlich bewegt, und die Verdunstungsgrösse näherte sich dem Maximum

des ganzen Monates. Die mittlere Tagestemperatur betrug 17·0, das Maximum 20·0, das Minimum 10·9 Grad.

Schon der 22. September brachte Regen, womit in der Witterung ein plötzlicher Umschwung eintrat, welcher eine niederschlagsreiche Periode mit frühem Winterbeginn einleitete.

Es liegt daher nur der einzige vollständige Beregnungsversuch vom 21. September vor. Nachstehend folgt das Resultat.

Beregnungsversuch vom 21. September.

Vergleichszeiten	Versuch			Controle		
	Unten	Mitte	Oben	Unten	Mitte	Oben
Vom 11. bis 20. September	11·37	12·73	14·07	14·14	13·38	13·78
Am 21. September . . .	13·01	14·78	14·51	16·04	17·01	17·80
Differenz .	1·64	2·05	0·44	1·90	3·63	4·02

Differenz der Differenzen.

	Unten	Mitte	Oben
Controle	1·90	3·63	4·02
Versuch	1·64	2·05	0·44
Differenz .	0·26	1·58	3·58

Zu vorstehendem Resultate, nämlich den Werthen der weiteren Abkühlung durch Benetzung der Krone, gelangt man in ausführlicher Weise nach folgendem Calcül.

Man addirt zu den beobachteten Temperaturen des Versuchsbaumes am 21. September die Erkältungsdifferenzen in der Begiessungsperiode.

Versuchsbaum	Unten	Mitte	Oben
Temperatur am 21. Sept. .	13·01	14·78	14·51
Erkältungsdifferenz	2·42	0·60	0·15
Summe .	15·43	15·38	14·66

Diese Ansätze repräsentiren die normale Temperatur des Versuchsbaumes, vermindert durch die Depression am 21. September. Corrigirt man nun die Temperatur des Controlbaumes am 21. September mit der Differenz zwischen Versuchs- und Controlbaum in der Vorperiode, so erhält man die berechnete normale Temperatur des Versuchsbaumes für selbigen Tag.

Controlbaum	Unten	Mitte	Oben
Temperatur am 21. Sept. .	16·04	17·01	17·80
Differenz der Vorperiode .	—0·35	—0·05	+0·44
	15·69	16·96	18·24

Zieht man von dieser normalen Temperatur des Versuchsbaumes am 21. September die obige Summe aus der beobachteten Temperatur des Versuchsbaumes am selben Tage und der Erkältungsdifferenz in der Begiessungsperiode ab, so ergibt sich aus der Differenz der Betrag der Abkühlung zufolge der Beregnung.

Versuchsbaum	Unten	Mitte	Oben
Normale Temperatur am 21. September	15·69	16·96	18·24
Abzug obiger Summe . . .	15·43	15·38	14·66
Betrag der Abkühlung .	0·26	1·58	3·58

Durch ausgiebige, ununterbrochene Benetzung der gesammten Baumoberfläche nach Art eines intensiven Dauerregens erlitt die Baumtemperatur eine weitere Depression, welche begreiflicherweise von Oben nach Unten abnimmt und deren Grösse mit dem Volumen der Stammtheile im umgekehrten Verhältnisse steht.

Zusammenstellung der Abkühlungsbeträge.

Abkühlung	Unten	Mitte	Oben
Durch Begiessung des Bodens	2·42	0·60	0·15
Durch Benetzung der Krone	0·26	1·58	3·58
Zusammen .	2·68	2·18	3·73

Die aus den Versuchsresultaten hervorgehenden Folgerungen lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen.

1. Die Temperatur des Bauminnern ist während der Transpirationsdauer der combinirte Ausdruck der Luft- und Bodenwärme.

2. Die Luftwärme wird transversal, die Bodenwärme longitudinal geleitet.

3. Die longitudinale Leitung wird vermittelt durch den aufsteigenden Saftstrom, beziehungsweise durch die Transpiration.

4. Eine Erniedrigung der Bodentemperatur während der Transpirationsdauer bewirkt auch eine Temperaturdepression des Bauminnern.

5. Der Einfluss der Temperatur des aufsteigenden Saftstromes nimmt von Unten nach Oben und von Innen nach Aussen ab.

6. Die Grösse dieser Abnahme ist bedingt durch das Mass der transversal geleiteten, solaren Wärme und setzt sich mit der Verminderung des Volumens der Stammtheile und mit der Annäherung an die Stammperipherie in ein gerades Verhältniss.

7. Die untere Stammpartie steht noch unter dem vollen Einflusse der Bodenwärme, beziehungsweise des aufsteigenden Saftstromes.

8. Die verticale Grenze dieses Einflusses verliert sich in der Verästung des Baumes.

9. Bei Ausschluss der Transpiration und somit des Saftsteigens ist die Baumtemperatur lediglich abhängig von der Lufttemperatur.

10. Eine simultane Abkühlung der unter- und oberirdischen Baumtheile gleicht die nach der Schafthöhe entgegengesetzten Wirkungsgrössen beider Erkältungsmomente vollständig aus.